

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-244072

(43)Date of publication of application : 28.08.2002

(51)Int.Cl. G02B 26/10
 B23K 26/06
 B23K 26/08
 G02F 1/33

(21)Application number : 2001-041883

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 19.02.2001

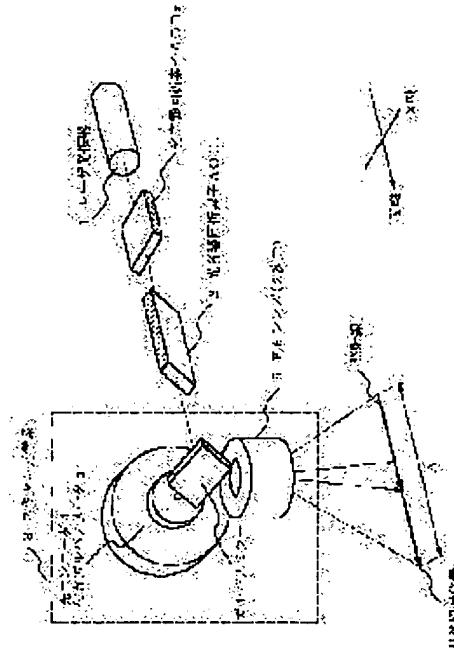
(72)Inventor : KUDOKORO YUKIO

(54) LASER BEAM MACHINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To permit scanning with accuracy higher than the accuracy of scanning of a laser beam with only the galvanometer using an optical encoder.

SOLUTION: The laser beam emitted by a laser oscillator 1 is received at an incident angle Θ by an opto-acoustic diffraction element 2 and the vibration of a frequency $F+\Delta F$ changed from the vibration of a predetermined frequency F is added thereto, by which the laser beam is emitted at an exist angle $\Theta+\Delta\Theta$. The laser beam emitted by the opto-acoustic diffraction element 2 is received by the galvanometer provided with the optical encoder 4 having a predetermined accuracy. The received laser beam is reflected while the reflection direction is fluctuated by the predetermined accuracy and the laser beam is refracted and cast by the $f\theta$ lens 6, by which the predetermined irradiation surface is scanned with the laser beam received by the galvanometer 5.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 29.06.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-244072

(P2002-244072A)

(43) 公開日 平成14年8月28日 (2002.8.28)

(51) Int.Cl.⁷G 02 B 26/10
B 23 K 26/06
26/08
G 02 F 1/33

識別記号

104

F I

C 02 B 26/10
B 23 K 26/06
26/08
C 02 F 1/33テーカート^{*}(参考)104Z 2H045
Z 2K002
B 4E068

審査請求 有 請求項の数 8 O.L. (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-41883(P2001-41883)

(22) 出願日 平成13年2月19日 (2001.2.19)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 久所 之夫

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100082935

弁理士 京本 直樹 (外2名)

Fターム(参考) 2H045 AB54 DA12

2K002 AA04 AB03 BA12 DA01 HA10

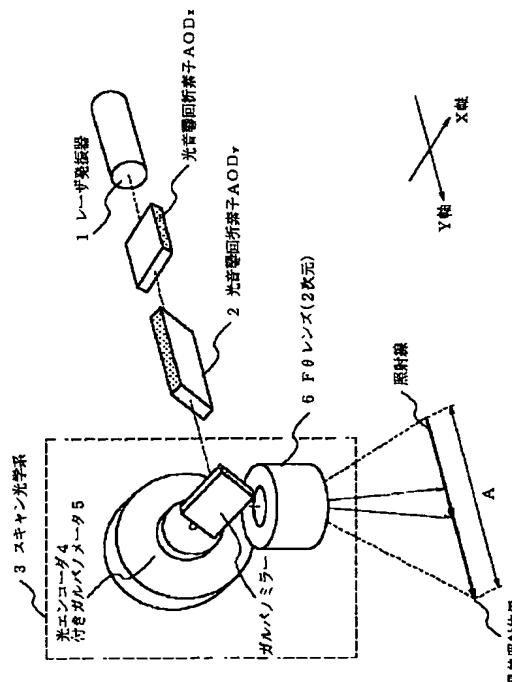
4E068 CD06 CD08 CE03

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置

(57) 【要約】

【課題】光エンコーダを使用したガルバノメータのみでのレーザ光の走査より高精度の走査ができる。

【解決手段】光音響回折素子2により、レーザ発振器1が出射するレーザ光を入射角θで受け、予め定めた周波数Fの振動から変化させた周波数F+△Fの振動が加わることによりレーザ光を出射角θ+△θで出射し、予め定めた精度を有する光エンコーダ4を備えたガルバノメータ5により、光音響回折素子2が射出したレーザ光を受けこの予め定めた精度で、反射方向を変動させながらこの受けたレーザ光を反射し、fθレンズ6により、このレーザ光を屈折させて照射するようにして、このガルバノメータ5が受けたレーザ光を予め定めた照射面上に走査する。



(2) 002-244072 (P2002-244072A)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、

前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が射する前記レーザ光を入射角 θ で受け、予め定めた周波数 F の振動から変化させた周波数 $F + \Delta F$ の振動が加わることにより前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で出射する光音響回折素子と、

予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta$ に比例した距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、

前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で出射する光音響回折素子と、

予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子と、

が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ_y と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項3】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、

前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で出射する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ_x と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項4】 前記 $f\theta$ レンズは、1次元の $f\theta$ レンズであることを特徴とする請求項1又は2記載のレーザ加工装置。

【請求項5】 前記 $f\theta$ レンズは、2次元の $f\theta$ レンズであることを特徴とする請求項1又は2記載のレーザ加工装置。

(3) 002-244072 (P2002-244072A)

【請求項6】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、

前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で出射する光音響回折素子と、
 予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の予め定めた第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための第2の前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、予め定めた前記精度を有する前記光エンコーダを備えた前記照射面上の前記X軸に直行する第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための第1の前記ガルバノメータにより、前記第2の前記ガルバノメータが反射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、2次元の前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_y と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置と、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_x と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置とにより示される位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれの前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上のYX平面に走査する前記スキャン光学系と、
 を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項7】 レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前

記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、
 前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で出射し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で出射する光音響回折素子と、
 予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の予め定めた第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための第1の前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、予め定めた前記精度を有する前記光エンコーダを備えた前記照射面上の前記Y軸に直行する第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための第2の前記ガルバノメータにより、前記第2の前記ガルバノメータが反射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、2次元の前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_x と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置と、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_y と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置とにより示される位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれの前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上のYX平面に走査する前記スキャン光学系と、
 を備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項8】 前記光音響回折素子は、前記振動の前記周波数 $F + \Delta F$ 中の前記 ΔF を \pm （予め定めた周波数）/ k （ k は、正の整数）とすることにより、前記レーザ光の前記出射角 $\theta + \Delta \theta$ 中の前記 $\Delta \theta$ の分解能を前記ガルバノメータの有する前記光エンコーダの前記精度の $1/k$ とすることとしたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6又は7記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はレーザ加工装置に関

(4) 002-244072 (P2002-244072A)

し、特に、ガルバノメータとこのガルバノメータが反射したレーザ光をこのレーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとにより、ガルバノメータが受けたレーザ光を照射面上に走査するレーザ加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種のレーザ加工装置は、ガルバノメータでレーザビームを走査し、高精度に穴あけ加工、切断加工、表面処理などを行うために用いられ、主に、大面積の高精度レーザパターニングや $\phi 100 [\mu m]$ 以下の微細レーザ穴あけを実施する場合に不可欠となる技術である。液晶や半導体製造装置、太陽電池製造装置などから、光硬化樹脂を使用した型を作成するラピットプロトタイピングなどにまで広範囲に適用できるものである。

【0003】この従来のレーザ加工装置の構成図を示す図6を参照すると、従来のレーザ加工装置は、レーザ光を出射するレーザ発振器1と、このレーザ光を受け反射方向を変動させながらこのレーザ光を反射する予め定めた精度を有する光エンコーダ4を備えたガルバノメータ5と、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズ6と、を有する構成である。このスキャン光学系3(ガルバノメータ5と $f\theta$ レンズ6)により、レーザ発振器1が出射するレーザ光を予め定めた照射面上に走査し、照射面上に予め置いた加工対象をレーザ光により加工するようしている。

【0004】ガルバノメータ5を使用したスキャン光学系3において、ガルバノメータ5をフルクローズドループ制御するための位置センサーとして、XYステージで使用しているリニアエンコーダのような $0.1 [\mu m]$ 以下の分解能が得られるようなタイプのロータリ(レーザ)光エンコーダ4を使用するのが理想である。しかしながら、現在レーザ加工装置のスキャン光学系3に使用されているロータリ光エンコーダ4は精度が1角度秒($4.85 [\mu rad]$)であり、これは焦点距離 $f=250 [mm]$ (通常は $150 \sim 250 [mm]$ を使用)の $f\theta$ レンズ6を使用した場合には、 $1.21 [\mu m]$ の分解能にあたる($0.25 [m] \times 4.85 [\mu rad] = 1.21 [\mu m]$)。今後要求される $0.1 [\mu m]$ 以下の分解能は達成できない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来のレーザ加工装置は、予め定めた精度(1角度秒= $4.85 [\mu rad]$)を有する光エンコーダを備えたガルバノメータにより、レーザ発振器が射出したレーザ光を受け反射方向を変動させながらこのレーザ光を反射し、焦点距離 $f=250 [mm]$ の $f\theta$ レンズにより、この反射した

レーザ光を入射し、この入射したレーザ光を予め定めた照射面上に照射するように屈折させることにより、このスキャン光学系(ガルバノメータと $f\theta$ レンズ)により、レーザ発振器が射出するレーザ光を予め定めた照射面上に走査し、照射面上に予め置いた加工対象をレーザ光により加工するようしているため、1角度秒の精度の光エンコーダを有するガルバノメータにより入射したレーザ光を反射方向を変動させながら反射し、焦点距離 $f=250 [mm]$ の $f\theta$ レンズを使用して、この反射したレーザ光を入射してこのレーザ光を予め定めた照射面上に走査しているので、 $1.21 [\mu m]$ 程度の分解能しか得られないという問題がある。

【0006】本発明の目的はこのような従来の欠点を除去するため、現在使用されている精度の光エンコーダを使用して、この光エンコーダを使用したガルバノメータのみでのレーザ光の走査より高精度の走査ができ、今後要求される $0.1 [\mu m]$ 以下の分解能での走査ができるレーザ加工装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の第1のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が射出する前記レーザ光を入射角 Θ で受け、予め定めた周波数 F の振動から変化させた周波数 $F + \Delta F$ の振動が加わることにより前記レーザ光を前記入射角 Θ に前記 ΔF に応じた前記 Θ の変動分を加えた出射角 $\Theta + \Delta \Theta$ で射出する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta$ に比例した距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0008】本発明の第2のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ

(5) 002-244072 (P2002-244072A)

光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が射出する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で射出し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で射出する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を射出し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ_y と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて射出するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0009】本発明の第3のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を射出し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を射出するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を射出する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が射出する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で射出し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で射出する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の予め定めた第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための第2の前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に直行する第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための第1の前記ガルバノメータにより、前記第2の前記ガルバノメータが反射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、2次元の前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を射出し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_y と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置と、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_x と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置とによ

定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を射出し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記 $f\theta$ レンズへの入射角 θ_x と前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて射出するようにして、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0010】本発明の第4のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を射出し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を射出するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を射出する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が射出する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数 F の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 θ と同じ大きさの出射角 θ で射出し、周波数 $F + \Delta F$ の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 θ に前記 ΔF に応じた前記 θ の変動分を加えた出射角 $\theta + \Delta \theta$ で射出する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の予め定めた第2の軸（X軸と記載する。）に沿って走査するための第2の前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に直行する第1の軸（Y軸と記載する。）に沿って走査するための第1の前記ガルバノメータにより、前記第2の前記ガルバノメータが反射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、2次元の前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を射出し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_y と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置と、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_x と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置とによ

!(6) 002-244072 (P2002-244072A)

り示される位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれの前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上のYX平面に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0011】本発明の第5のレーザ加工装置は、レーザ光を受け反射方向を変動させながら前記受けたレーザ光を反射するガルバノメータと、この反射した前記レーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射した前記レーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、前記受けた前記レーザ光を照射するように屈折させる $f\theta$ レンズとを有するスキャン光学系を備え、前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上に走査するレーザ加工装置において、前記レーザ光を出射する前記レーザ発振器と前記スキャン光学系との間に設けられ、前記レーザ発振器が出射する前記レーザ光を受け、予め定めた周波数Fの振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光をこのレーザ光の入射角 Θ と同じ大きさの出射角 Θ で出射し、周波数F+ ΔF の振動を受けているときには、前記受けた前記レーザ光を前記入射角 Θ に前記 ΔF に応じた前記 Θ の変動分を加えた出射角 $\Theta+\Delta\Theta$ で出射する光音響回折素子と、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えた前記照射面上の予め定めた第1の軸(Y軸と記載する。)に沿って走査するための第1の前記ガルバノメータにより、前記光音響回折素子が射出した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記Y軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、予め定めた前記精度を有する前記光エンコーダを備えた前記照射面上の前記Y軸に直行する第2の軸(X軸と記載する。)に沿って走査するための第2の前記ガルバノメータにより、前記第2の前記ガルバノメータが反射した前記レーザ光を受け前記予め定めた精度で、反射方向を変動させながら前記X軸に対応する方向に前記受けた前記レーザ光を反射し、2次元の前記 $f\theta$ レンズにより、この反射した前記レーザ光を入射し、前記予め定めた照射面上での、前記入射した前記レーザ光の前記X軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_x と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離fとの積 $f\cdot\theta_x$ に比例した前記X軸方向の距離の位置と、前記入射した前記レーザ光の前記Y軸に対応する方向の前記2次元の前記 $f\theta$ レンズへの前記入射角 θ_y と前記2次元の前記 $f\theta$ レンズの焦点距離fとの積 $f\cdot\theta_y$ に比例した前記Y軸方向の距離の位置とにより示される位置に、前記入射した前記レーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれの前記ガルバノメータが受けた前記レーザ光を前記予め定めた前記照射面上のYX平面に走査する前記スキャン光学系と、を備えて構成されている。

【0012】本発明の第1から第5のレーザ加工装置の

前記光音響回折素子は、前記振動の前記周波数F+ ΔF 中の前記 ΔF を土(予め定めた周波数)/k(kは、正の整数)とすることにより、前記レーザ光の前記出射角 $\Theta+\Delta\Theta$ 中の前記 $\Delta\Theta$ の分解能を前記ガルバノメータの有する前記光エンコーダの前記精度の1/kとするようしている。

【0013】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0014】図1は、本発明のレーザ加工装置の一つの実施の形態を示す構成図である。

【0015】図1に示す本実施の形態は、レーザ光を受け反射方向を変動させながらこの受けたレーザ光を反射するガルバノメータ5と、この反射したレーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射したレーザ光の入射角と自レンズの焦点距離との積に比例した距離の位置に、この受けたレーザ光を照射するように屈折させる例えば2次元の $f\theta$ レンズ6(1次元でも良い)とを有するスキャン光学系3を備え、このガルバノメータ5が受けたレーザ光をこの予め定めた照射面(焦点距離の位置にありレーザ光のスポットを結像させる面)上に走査するレーザ加工装置において、レーザ光を出射するレーザ発振器1とスキャン光学系3との間に設けられ、レーザ発振器1が出射するレーザ光を入射角 Θ で受け、予め定めた周波数Fの振動から変化させた周波数F+ ΔF の振動が加わることによりレーザ光を入射角 Θ に ΔF に応じたこの Θ の変動分を加えた出射角 $\Theta+\Delta\Theta$ で出射する光音響回折素子2 AODy(なお、図1には、光音響回折素子2 AODyと同じ種類のX軸の微小調整用に設けた光音響回折素子AODxを光音響回折素子2 AODyの前段に設けてある。これは、光学系の補正用として用いるものである。)と、予め定めた精度を有する光エンコーダ4を備えたガルバノメータ5により、光音響回折素子2 AODyが射出したレーザ光を受けこの予め定めた精度で、反射方向を変動させながらこの受けたレーザ光を反射し、 $f\theta$ レンズ6により、この反射したレーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、この入射したレーザ光の $f\theta$ レンズ6への入射角 θ と $f\theta$ レンズ6の焦点距離fとの積 $f\cdot\theta$ に比例した距離の位置に、この入射したレーザ光を屈折させて照射するようにして、このガルバノメータ5が受けたレーザ光を予め定めた照射面上に走査するスキャン光学系3により構成されている。

【0016】光音響回折素子2 AODyは、周波数F+ ΔF 中の ΔF を土(予め定めた周波数)/k(kは、正の整数)とすることにより、レーザ光の出射角 $\Theta+\Delta\Theta$ 中の $\Delta\Theta$ の分解能をガルバノメータ5の有する光エンコーダ4の精度の1/kとするようしている。

【0017】次に、本実施の形態のレーザ加工装置の動作を図2、図3、図4及び図5を参照して詳細に説明す

(7) 002-244072 (P2002-244072A)

る。

【0018】図2は、制御部の一例を示す図である。制御用コントローラとしての例えはパーソナルコンピュータ(PC)等のコンピュータにレーザ光の照射面上の最終照射位置までの距離Aを示す位置指令とレーザ光の出射を指令する出射指令が入力されると、PCは、この距離Aをロータリ光エンコーダ方式のガルバノメータ5によるレーザ光の移動距離m△a(ここで△aは、光エンコーダ4の精度に対応する照射面上の距離、すなわち分解能)と、この△a以下の残り分の微小距離B(B=A-m△a;mはBが最小となる整数)とに分解し、それを、ガルバノメータコントローラとAODyドライバー(RFドライバー)とに振り分けて出力する。すなわち、ガルバノメータコントローラにm△aを、AODyドライバーにn△bをmとnとの整数を昇順にして出力する。ここで、照射線を補間する補間用の信号Cは、 $C = A - B + n \Delta b$ (ここで△bは、光音響回折素子2AODyの精度に対応する照射面上の距離、また、nはCの絶対値が最小となる整数)である(すなわちC=m△a+n△b)。ガルバノメータ5はガルバノメータコントローラによりガルバノメータドライバを介して制御される。また、光音響回折素子2AODyと光音響回折素子AODxとの制御は、PCで作られる補間制御値n△bあるいは蛇行補正用の制御信号に従って、PLL発振器によって生成された厳密な周波数で動作される(すなわち、AODyドライバーにより、予め定めた周波数F(例えば、80[MHz])の振動を光音響回折素子2AODyに加えたときに、この光音響回折素子2AODyに入射角θで入射するレーザ光を出射角θで出射させ、周波数F+△Fの振動を光音響回折素子2AODyに加えたときに、前記入射角θで入射したレーザ光を出射角θ+△θで出射させる。)。尚、X軸方向への蛇行補正のため本実施例に示した光音響回折素子AODxには、通常、PC内で位置指令値の関数となっている(マップ)補正パラメータを計算して、補正值が与えられるような制御をする。出射指令は、位置指令と同期して入力され、PCからレーザコントローラに出力される。通常本信号は非常に高速であるため、レーザ発振器1に設けられた光変調器にON/OFF信号を出力する構成を探るのが一般的である。

【0019】図3は、光エンコーダの精度を補間するための光音響回折素子AODyを2段に分けた例を示す図である。

【0020】図4は、光音響回折素子AODyを2段に分けたときの制御部の一例を示す図である。この2段に分けた各光音響回折素子2AODyは補間信号値に対して正負が反対の回折角が得られるRF信号を与えるように構成してある。たとえば、AODy-1、AODy-2のトランジスジューサー(電圧を振動に変換する変換器)に対して、RF周波数の中心周波数がFc[Hz]

で与えられているとすれば、AODy-1に補間信号Fc+δFc[Hz]と与えるとすれば、AODy-2には補間信号Fc-δFc[Hz]を与えるように制御する。AODy-1に補間信号Fc+δFcをRFドライバーに入力し、AODy-2には補間信号Fc-δFcをRFドライバーに入力する。また、AODy-1とAODy-2の配置は、fθレンズ6の瞳位置であるガルバノメータ5の回転軸上にレーザ光が通るようにL1=L2になるようにしてある。

【0021】図5は、ガルバノメータをX軸用とY軸用とを有した面走査用としたときの一例を示す図である。

【0022】図1において、レーザ発振器1が射出するレーザ光を光音響回折素子AODxで受けこの光音響回折素子AODxを図2に示すように制御して、X軸方向への蛇行補正を行って射出し、光音響回折素子2AODyにより、光音響回折素子AODxが射出したレーザ光を、照射面のY軸方向に対応するこの光音響回折素子2AODy上の方向への偏角をθとして受け(入射角θ)たときに、この光音響回折素子2AODyが予め定めた周波数F(例えば、80[MHz])の振動を受けているときには、この受けたレーザ光をこのレーザ光の入射角θと同じ方向と同じ大きさの角θ(出射角θ)で射出し、周波数F+△Fの振動を受けているときには、この受けたレーザ光を入射角θに△Fに応じたθの変動分を加えた射出角θ+△θで射出する。予め定めた精度(1角度秒=4.85[μrad])を有する光エンコーダ4を備えた照射面上のY軸に沿って走査するためのガルバノメータ5により、光音響回折素子2AODyが射出したレーザ光を受けこの予め定めた精度で、反射方向を変動させながらY軸に対応する方向にこの受けたレーザ光を反射し、fθレンズ6により、この反射したレーザ光を射出し、照射面上での、この入射したレーザ光のY軸に対応する方向のfθレンズ6への入射角θyとfθレンズ6の焦点距離fとの積f·θyに比例したY軸方向の距離の位置に、この入射したレーザ光を屈折させて射出するようにして、レーザ発振器1の射出したレーザ光を予め定めた照射面上に走査する。

【0023】ここで、照射面上でのレーザ光の走査を0.1[μm]以下の分解能で制御するために、まず、現状のロータリ光エンコーダ4(回折干渉方式)の精度で1[μm]の分解能を確保し、さらに光音響回折素子2AODyによって(電気的に)1/10~1/100に補間することにより、0.1[μm]~0.01[μm]の分解能を得るようにすることを説明する。光音響回折素子2AODyを使用した音響光学効果によるレーザ光の偏向は、光音響回折素子2AODyに与えられた音波周波数がFからF+△Fに変化したときに回折光ビームの方向(レーザ光の偏向)が角θからθ+△θに変化する。ここで、λ:レーザ光の波長、n:光音響回折素子2AODyの屈折率、V:光音響回折素子2A

(8) 002-244072 (P2002-244072A)

$\Delta\Theta$ の媒介中の音速とすると、 $\Delta\Theta = (\lambda \times \Delta F) / n \times V$ で与えられる。ここで、レーザ光に N : YAG レーザの $\lambda = 1.064 [\mu\text{m}]$ 、光音響回折素子 2AO_Dy の材質として溶融石英を用いると仮定すると、 $V = 5.97 \times 10^3 [\text{m/s}]$ 、 $n = 1.46$ であるから、 $\Delta\Theta = 1.22 \times 10^{-10} \Delta F$ となる。利用するロータリ光エンコーダ 4 の精度を 1 角度秒 (= 4.85 [μrad]) とすれば、この精度（分解能）を $1/k$ で補間することを考えると $\Delta F = (4.85 \times 10^{-6}) / (1.22 \times 10^{-10} \times k) = (39.8/k) [\text{kHz}]$ で示される単位の制御が必要になる。

【0024】ところで、RF (Radio Frequency) は、PLL (Phase Locked Loop) 回路あるいは専用の周波数コントロール用LSIなどを用いれば簡単に 1 Hz 単位の高安定度な周波数を作ることができる。即ち、光音響回折素子 2AO_Dy に印加する RF 周波数を、例えば 80.00 [MHz] を中心として、 $\pm (19.9/k) [\text{kHz}]$ (ここで、39.8 [kHz] / 2 = 19.9 [kHz]) で制御する補間を行うことになる。また、PLL 回路の電気的な周波数安定度は 0.1 [Hz] 程度であるから、制御精度として 0.5% の安定度を得ようとするとき、補間間隔は 0.2 [kHz] ($0.1 [\text{Hz}] / 0.2 [\text{kHz}] = 0.5\%$) となる。従って、 $19.9 [\text{kHz}] / 0.2 [\text{kHz}] = 99.5$ であるから、 k の値を $k = 100$ にすることができる。即ち、100 分割で補間させることができることが可能であることが判る。この結果、100 倍の制御分解能を得ることができる。ここで、たとえば、 $k = 100$ として、1 角度秒のロータリ光エンコーダ 4 を用い、 $f = 250 [\text{mm}]$ の $f\theta$ レンズ 6 を使用したとすると、最小補間分解能 $(0.25 \times 4.85 \times 10^{-6}) / 100 [\text{m}] = 0.0121 [\mu\text{m}]$ となる ($k = 10$ のときには $0.121 [\mu\text{m}]$ となる)。スキャンエリアが $\pm 1000 [\text{mm}]$ を超す $f = 2000 [\text{mm}]$ の大型の $f\theta$ レンズ 6 を使用しても最小補間分解能 = $0.097 [\mu\text{m}]$ ($(2 \times 4.85 \times 10^{-6}) / 100 [\text{m}] = 0.097 [\mu\text{m}]$) となり、今後要求される $0.1 [\mu\text{m}]$ 以下の加工精度を満足する制御が可能になる。

【0025】以上の説明では、レーザ発振器 1 とガルバノメータ 5 との間に、光エンコーダ 4 の精度（分解能）を補間するための光音響回折素子 2AO_Dy を一つ設けたが、図 3 と図 4 とに示すように、この光音響回折素子 2AO_Dy を 2 段に分けても良い。光音響回折素子 2AO_Dy を 2 段にすることにより、 $f\theta$ レンズ 6 の瞳位置を通り、 $f\theta$ レンズ 6 に入射する入射角を変化させることができるために、図 1 で示したような 1 段の光音響回折素子 2AO_Dy による補間制御と比較して、 $f\theta$ レンズ 6 の歪みの影響をより小さくすることができる。この結

果補正を少なくできるため制御がより簡単にすることができ、より高速制御ができるようになる利点もある。

【0026】また、一つのガルバノメータ 5 を Y 軸用にし線走査用としたが、図 5 に示すように、2 つガルバノメータ 5 を X 軸用と Y 軸用とにし面走査用としても良い。このときには、スキャン光学系 3 は次のようになる。すなわち、このスキャン光学系 3 により、予め定めた精度を有する光エンコーダ 4 を備えた照射面上の予め定めた第 2 の軸 (X 軸) に沿って走査するための第 2 のガルバノメータ 5 により、光音響回折素子 2AO_Dy が射出したレーザ光を受け予め定めた精度で、反射方向を変動させながら X 軸に対応する方向にこの受けたレーザ光を反射し、予め定めた精度を有する光エンコーダ 4 を備えた照射面上の X 軸に直行する第 1 の軸 (Y 軸) に沿って走査するための第 1 のガルバノメータ 5 により、第 2 のガルバノメータ 5 が反射したレーザ光を受け予め定めた精度で、反射方向を変動させながら Y 軸に対応する方向に受けたレーザ光を反射し、2 次元の $f\theta$ レンズ 6 により、この反射したレーザ光を入射し、予め定めた照射面上での、入射したレーザ光の Y 軸に対応する方向の 2 次元の $f\theta$ レンズ 6 への入射角 θ_y と 2 次元の $f\theta$ レンズ 6 の焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_y$ に比例した Y 軸方向の距離の位置と、入射したレーザ光の X 軸に対応する方向の 2 次元の $f\theta$ レンズ 6 への入射角 θ_x と 2 次元の $f\theta$ レンズ 6 の焦点距離 f との積 $f \cdot \theta_x$ に比例した X 軸方向の距離の位置とにより示される位置に、入射したレーザ光を屈折させて照射するようにして、それぞれのガルバノメータ 5 が受けたレーザ光を予め定めた照射面上の YX 平面に走査する。

【0027】更に、以上の説明で使用した軸の名称を示す X (又は x) と Y (又は y) とを読み替えて良い。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザ加工装置によれば、光音響回折素子により、レーザ発振器が射出するレーザ光を入射角 θ で受け、予め定めた周波数 F の振動から変化させた周波数 $F + \Delta F$ の振動が加わることによりレーザ光を出射角 $\theta + \Delta\theta$ で出射し、予め定めた精度を有する光エンコーダを備えたガルバノメータにより、光音響回折素子が射出したレーザ光を受けこの予め定めた精度で、反射方向を変動させながらこの受けたレーザ光を反射し、 $f\theta$ レンズにより、このレーザ光を屈折させて照射するようにして、このガルバノメータが受けたレーザ光を予め定めた照射面上に走査するため、光音響回折素子により、レーザ光の方向をガルバノメータに入る前に $\Delta\theta$ 分補正するので、光エンコーダを使用したガルバノメータのみでのレーザ光の走査より高精度の走査ができる。

【0029】また、光音響回折素子は、周波数 $F + \Delta F$ 中の ΔF を \pm (予め定めた周波数) / k (k は、正の整数) とすることにより、レーザ光の出射角 $\theta + \Delta\theta$ 中の

(9) 002-244072 (P2002-244072A)

$\Delta\theta$ の分解能をガルバノメータの有する光エンコーダの精度の $1/k$ とするようにしているので、照射面上でのレーザ光の走査の分解能を光エンコーダの精度の $1/k$ とすることができます。具体的に $F = 80$ [MHz]、 $\Delta F = \pm 19.9$ [KHz]／ k 、 $\Delta\theta = 1$ 角度秒 (= 4.85 [μ r ad] : 光エンコーダの精度)、 $f\theta$ レンズの焦点距離 $f = 250$ [mm]とすると、照射面上でのレーザ光の走査の分解能(最小補間分解能) = $f \times \Delta\theta/k = 0.25 \times 4.85 \times 10 - 16/k = 1.21/k$ [μ m] となり、 $k = 10$ にすると、最小補間分解能 = $1.21/10$ [μ m] = 0.121 [μ m]、 $k = 100$ にすると、最小補間分解能 = $1.21/100$ [μ m] = 0.0121 [μ m] となり、今後要求される 0.1 [μ m] 以下の加工精度を満足する制御が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレーザ加工装置の一つの実施の形態を

示す構成図である。

【図2】制御部の一例を示す図である。

【図3】光エンコーダの精度を補間するための光音響回折素子 AODy を 2段に分けた例を示す図である。

【図4】光音響回折素子 AODy を 2段に分けたときの制御部の一例を示す図である。

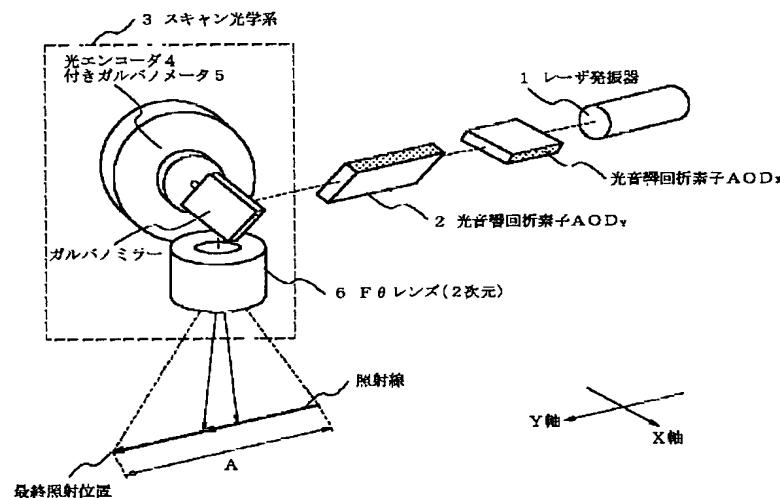
【図5】ガルバノメータを X軸用と Y軸用とを有した面走査用としたときの一例を示す図である。

【図6】従来のレーザ加工装置の構成図である。

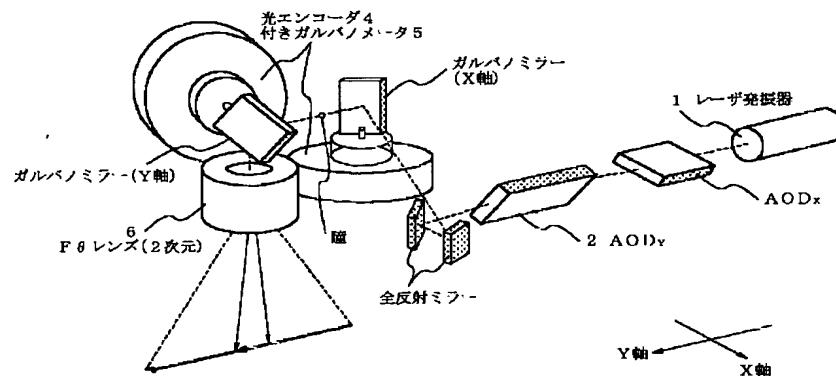
【符号の説明】

- 1 レーザ発振器
- 2 光音響回折素子
- 3 スキャン光学系
- 4 光エンコーダ
- 5 ガルバノメータ
- 6 fθレンズ

【図1】

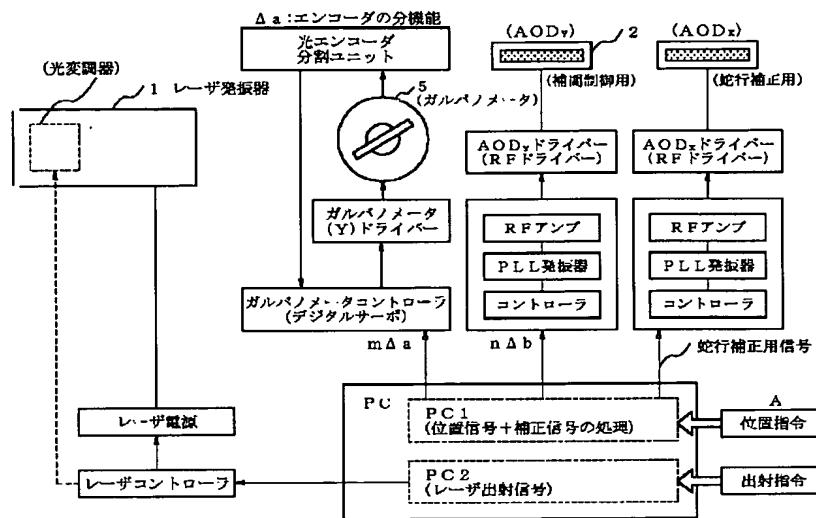


【図5】

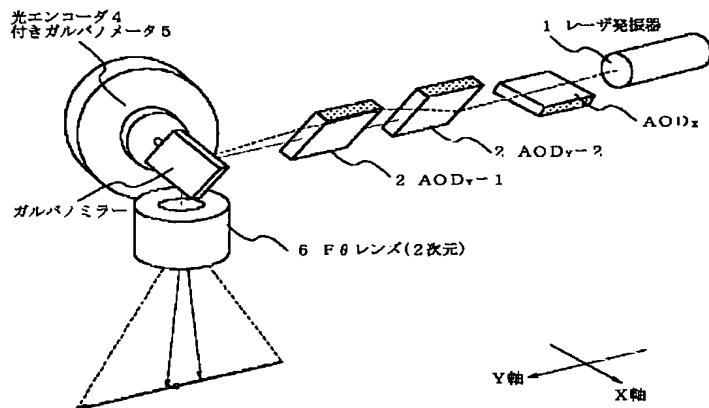


(単 0) 102-244072 (P 2002-244072A)

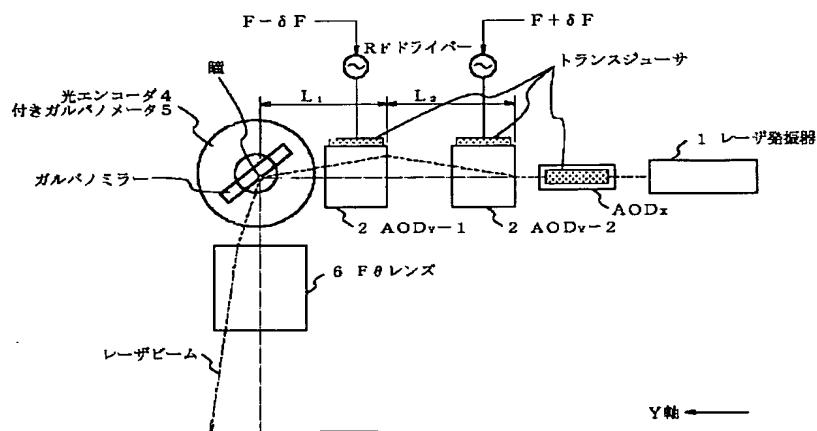
【図2】



【図3】



【図4】



(単1))02-244072 (P2002-244072A)

【図6】

